

**MODIFIKASI STRUKTUR RANGKA BETON BERTULANG
GEDUNG TECHNO PARK UPN "VETERAN" JAWA TIMUR
MENGUNAKAN BALOK PRESTRESS**

TUGAS AKHIR

Untuk memenuhi sebagian persyaratan dalam memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Sipil (S1)



Diajukan Oleh :

SAFITRI
09 5301 0008

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"
JAWA TIMUR
2013**

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

MODIFIKASI STRUKTUR RANGKA BETON BERTULANG GEDUNG
TECHNO PARK UPN “VETERAN” JAWA TIMUR MENGGUNAKAN
BALOK PRESTRESS

Disusun oleh :

SAFITRI
09 5301 0008

Telah diuji, dipertahankan dan diterima oleh Tim Penguji Tugas Akhir
Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur

Pembimbing :
1. PEMBIMBING UTAMA

Tim Penguji :
1. PENGUJI I

Ir. Wahyu Kartini, MT.
NPT. 3 6304 94 0031 1

Sumaidi, ST.
NPT. 3 7909 05 0204 1

2. PEMBIMBING PENDAMPING

2. PENGUJI II

Ir. I Made D. Astawa, MT.
NIP.19530919 198601 1 00 1

Ir. Ali Arifin, MT.

3. PENGUJI III

Aniendhita RA., ST., MT.

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur

Ir. Naniek Ratni Juliardi AR., M.Kes.
NIP. 19590729 198603 2 00 1

KATA PENGANTAR

Puji syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “MODIFIKASI STRUKTUR RANGKA BETON BERTULANG GEDUNG TECHNO PARK UPN “VETERAN” JAWA TIMUR MENGGUNAKAN BALOK PRESTRESS”. Tugas Akhir merupakan salah satu syarat yang harus dipenuhi dalam menempuh kurikulum program sarjana strata satu (S1) pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Pembangunan Nasional “VETERAN” Jatim.

Atas terselesaikannya Tugas Akhir ini, penulis tidak melupakan jasa-jasa dari berbagai pihak. Penulis menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ibu Ir. Naniek Ratni Juardi A.R .M.Kes, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Pembangunan Nasional “VETERAN” Jatim.
2. Bapak Ibnu Sholichin,. ST ,MT selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Pembangunan Nasional “VETERAN” Jatim.
3. Ibu Ir. Wahyu Kartini,. MT selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang tiada lelah dan sabar dalam membimbing penulis.
4. Bapak Ir. I Made D Astawa,. MT selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang tiada lelah dan sabar membimbing penulis.
5. Bapak, Ibu, kakak, adik dan teman-teman yang telah memberikan dukungan dan pengorbanan serta motivasi begitu besar dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini jauh dari kesempurnaan, maka penulis berharap kritik dan saran yang berguna demi kesempurnaan tugas akhir ini. Akhir kata penulis mengucapkan Jazakumullah Khoiro Katsiro.

Surabaya, Desember 2013

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
ABSTRAK.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Lokasi Studi.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Umum.....	5
2.2 Prinsip Dasar Beton Prategang.....	6
2.3 Sistem Prategang.....	7
2.3.1 Tahap – Tahap Pembebanan.....	10
2.3.2 Material Untuk Beton Prestress.....	12
2.3.3 Kehilangan Gaya Prategang.....	13
2.3.4 Jumlah Kehilangan Gaya Prategang Total.....	18
2.3.5 Kontrol Lendutan.....	20
2.3.6 Momen Retak.....	21

2.4	Gempa Rencana.....	21
2.4.1	Metode Analisis Struktur Terhadap Beban Gempa.....	22
2.4.2	Kategori Gedung.....	23
2.4.3	Faktor Reduksi Gempa (R).....	23
2.4.4	Waktu Getar Empiris Struktur (T).....	24
2.4.5	Gaya Geser Gempa (V).....	24
2.4.6	Faktor Respon Spektrum Gempa (C_1).....	25
2.4.7	Eksentrisitas Pusat Massa Terhadap Pusat Rotasi Lantai Tingkat.....	26
2.4.8	Analisa Waktu Getar Struktur Dengan Cara T-Rayleigh	27
2.5	Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).....	27
2.5.1	Hubungan Balok-Kolom pada SRPMK.....	28
BAB III METODOLOGI PERENCANAAN		31
3.1	Data Sebelum Dimodifikasi.....	31
3.2	Data Setelah Dimodifikasi.....	31
3.3	Permodalan Struktur.....	32
3.4	Analisa Pembebanan.....	33
3.4.1	Beban Yang Diperhitungkan.....	33
3.4.2	Kombinasi Pembebanan.....	34
3.5	Perencanaan Struktur Gedung.....	35
3.6	Perencanaan Balok Prestress.....	35
3.7	Kontrol Desain.....	50
3.8	Metode Pelaksanaan.....	50
3.9	Gambar Detail.....	50

3.10	Flow Chart.....	51
BAB IV PERHITUNGAN STRUKTUR.....		52
4.1	Data Sebelum Dimodifikasi.....	52
4.2	Data Setelah Dimodifikasi.....	52
4.3	Pembebanan.....	54
4.4	Perhitungan Beban pada Portal.....	55
4.4.1	Pembebanan Pelat Atap.....	56
4.4.2	Pembebanan Pelat Lantai.....	63
4.5	Beban Gempa.....	74
4.5.1	Menentukan Berat Struktur (W_t).....	74
4.5.2	Perhitungan Periode Alami Struktur (T).....	79
4.5.3	Penentuan Faktor Respon Gempa (C_1).....	80
4.5.4	Menentukan Faktor Keutamaan (I).....	81
4.5.5	Menentukan Parameter Daktalitas Struktur (R).....	81
4.5.6	Perhitungan Gaya Geser Gempa (V).....	81
4.5.7	Eksentrisitas Pusat Massa Terhadap Pusat Rotasi Lantai	82
4.5.8	Analisa Waktu Getar Struktur dengan Cara T-Rayleigh	83
4.5.9	Analisa Kinerja Batas Layan (s) dan Batas Ultimit (m)	85
4.6	Perencanaan Balok Prestress.....	88
4.6.1	Tegangan Ijin Beton Prategang.....	88
4.6.2	Dimensi Penampang.....	89
4.6.3	Momen Akibat Beban Sendiri dan Beban Tambahan.....	91
4.6.4	Kontrol Tegangan.....	97
4.6.5	Penentuan Jumlah Strand.....	104

4.6.6	Penentuan Tracee Tendon.....	107
4.6.7	Kehilangan Prategang.....	109
4.6.8	Kontrol Lendutan.....	131
4.6.9	Momen Retak.....	136
4.6.10	Kontrol Tegangan Akibat Beban Gempa 25%.....	138
4.7	Penulangan Pada Balok Prestress.....	141
4.7.1	Data-Data Perencanaan Tulangan Praktis Balok Prestress	141
4.7.2	Penulangan Geser.....	147
4.7.3	Penulangan Torsi.....	152
4.8	Penulangan Lentur Kolom.....	155
4.8.1	Data Perencanaan Kolom.....	155
4.8.2	Kelangsingan Kolom.....	156
4.8.3	Penulangan Geser.....	158
4.8.4	Konsep Strong Column Weak Beam.....	159
4.9	Hubungan Balok-Kolom.....	162
4.9.1	Perencanaan Hubungan Balok-Kolom Exterior.....	162
4.9.2	Kontrol HBK.....	162
4.9.3	Perencanaan Hubungan Balok-Kolom Interior.....	164
4.9.4	Kontrol HBK.....	165
BAB V PENUTUP.....		167
5.1	Kesimpulan.....	167
5.2	Saran.....	168
DAFTAR PUSTAKA.....		169
LAMPIRAN		

DAFTAR GAMBAR

GAMBAR 1.1	Denah Lokasi	4
GAMBAR 2.1	Pemasangan Kabel Tendon.....	8
GAMBAR 2.2	Pengecoran Beton Prestress	8
GAMBAR 2.3	Pemotongan Tendon.....	8
GAMBAR 2.4	Pengecoran Beton Sebelum Diberi Tendon.....	9
GAMBAR 2.5	Setelan Tendon Terpasang pada Balok	9
GAMBAR 2.6	Setelan Tendon di Angkur	10
GAMBAR 2.7	Strand Prategang 7 Kawat.....	13
GAMBAR 2.8	Diagram Respon Spektrum Gempa Rencana.....	25
GAMBAR 2.9	Hubungan Balok Kolom	30
GAMBAR 4.1	Eksisting Gedung TTG UPN “Veteran” Jatim.....	53
GAMBAR 4.2	Denah Penampang Balok Pelat Atap dan Lantai.....	55
GAMBAR 4.3	Denah Tributarry Pelat Atap dan Lantai.....	56
GAMBAR 4.4	Potongan Melintang Tributarry Akibat Beban Mati.....	71
GAMBAR 4.5	Potongan Melintang Tributarry Akibat Beban Hidup.....	71
GAMBAR 4.6	Potongan Memanjang Tributarry Akibat Beban Mati.....	72
GAMBAR 4.7	Potongan Memanjang Tributarry Akibat Beban Hidup.....	73
GAMBAR 4.8	Peta Wilayah Gempa.....	79
GAMBAR 4.9	Periode Alami Struktur Menggunakan Software ETABS...	80
GAMBAR 4.10	Respon Spektrum Gempa Rencana.....	80
GAMBAR 4.11	Penyaluran Gaya Gempa Pada Portal.....	82
GAMBAR 4.12	Penampang Balok Prestress.....	90
GAMBAR 4.13	Diagram Momen pada Lantai 1.....	92

GAMBAR 4.14	Diagram Momen pada Lantai 2.....	92
GAMBAR 4.15	Daerah Limit Kabel.....	95
GAMBAR 4.16	Daerah Limit Kabel.....	96
GAMBAR 4.17	Diagram Tegangan Saat Gaya Prategang Awal.....	98
GAMBAR 4.18	Diagram Tegangan Saat Gaya Prategang Awal.....	99
GAMBAR 4.19	Diagram Tegangan Saat Beban Tambahan Bekerja di Lapangan	100
GAMBAR 4.20	Diagram Tegangan Saat Beban Tambahan Bekerja di Lapangan	101
GAMBAR 4.21	Diagram Tegangan Saat Beban Tambahan Bekerja di Tumpuan	103
GAMBAR 4.22	Diagram Tegangan Saat Beban Tambahan Bekerja di Tumpuan	104
GAMBAR 4.23	Angker Dengan 16 Strand.....	106
GAMBAR 4.24	Angker Dengan 18 Strand.....	107
GAMBAR 4.25	Lengkung Parabola Pada Kabel.....	108
GAMBAR 4.26	Gaya Aksial Akibat Kekekangan Kolom.....	115
GAMBAR 4.27	Penampang Balok Prestress.....	120
GAMBAR 4.28	Momen Akibat Rangkak Berat Sendiri.....	123
GAMBAR 4.29	Momen Akibat Rangkak Beban Tambahan.....	123
GAMBAR 4.30	Perletakan Balok Prestress Pada Story 2.....	139
GAMBAR 4.31	Beban Gempa yang Diterima Balok Prestress.....	139
GAMBAR 4.32	Perletakan Tendon.....	139
GAMBAR 4.33	Perletakan Tendon Pada Tumpuan.....	141
GAMBAR 4.34	Perletakan Tendon Pada Lapangan.....	142
GAMBAR 4.35	Penulangan Pada Balok Prestress.....	144
GAMBAR 4.36	Penulangan Pada Balok Prestress.....	146
GAMBAR 4.37	Reaksi Perletakan dan Momen Maksimum pada Balok Prestress	150

GAMBAR 4.38	Reaksi Perletakan dan Momen Minimum pada Balok Prestress	150
GAMBAR 4.39	Tulangan Pada Kolom Menggunakan PCA COL.....	156
GAMBAR 4.40	Detail balok Yang Menyatu Pada Kolom.....	160
GAMBAR 4.41	Tipe Joint Dalam Struktur Rangka Exterior.....	162
GAMBAR 4.42	Detail Hubungan Balok Kolom Exterior.....	164
GAMBAR 4.43	Tipe Joint Dalam Struktur Rangka Interior.....	164
GAMBAR 4.44	Detail Hubungan Balok Kolom Interior.....	166

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Tegangan-tegangan Izin Untuk Batang-batang Lentur.....	10
Tabel. 2.2	Karakteristik Strand dan Tendon.....	13
Tabel 2.3	Jenis-jenis Kehilangan Prategang.....	14
Tabel 2.4	Tabel Koefisien Susut Post Tension.....	17
Tabel 2.5	Presentase Kehilangan Gaya Prategang.....	19
Tabel 2.6	Faktor Keutamaan I untuk berbagai kategori gedung dan bangunan	23
Tabel 2.7	Parameter Daktilitas Struktur Gedung.....	24
Tabel 4.1	Pembebanan Ekuivalen Pelat Atap.....	62
Tabel 4.2	Pembebanan Ekuivalen Pelat Lantai.....	70
Tabel 4.3	Jumlah Beban Bangunan Keseluruhan.....	78
Tabel 4.4	Distribusi Beban Gempa	81
Tabel 4.5	Tabel Perhitungan Eksentrisitas Rencana e_d Pada Arah x.....	83
Tabel 4.6	Tabel Perhitungan Eksentrisitas Rencana e_d Pada Arah y.....	83
Tabel 4.7	Tabel Perhitungan T-Rayleigh Arah x.....	84
Tabel 4.8	Tabel Perhitungan T-Rayleigh Arah y.....	84
Tabel 4.9	Tabel Analisa s terhadap arah x.....	86
Tabel 4.10	Tabel Analisa s terhadap arah y.....	86
Tabel 4.11	Tabel Analisa m terhadap arah x.....	87
Tabel 4.12	Tabel Analisa m terhadap arah y.....	87
Tabel 4.13	Tabel Koefisien Susut Post Tension.....	120

MODIFIKASI STRUKTUR RANGKA BETON BERTULANG GEDUNG TECHNO PARK UPN “VETERAN” JAWA TIMUR MENGUNAKAN BALOK PRESTRESS

Oleh :

SAFITRI

09 5301 0008

ABSTRAK

Beton prestress adalah kombinasi antara beton berkekuatan tinggi dan baja mutu tinggi dengan cara aktif. Gedung TECHNO PARK UPN “Veteran” Jawa Timur direncanakan akan menggunakan beton prestress, karena lantai 1 digunakan sebagai ruang pameran dan lantai 2 digunakan sebagai ruangan seminar yang tidak membutuhkan kolom ditengah ruangan, sehingga lebih nyaman dan luas. Gedung ini memiliki bentang panjang 50 m dan bentang pendek 20 m. Beton prestress memiliki dimensi dan jumlah berat baja prestress lebih efisien dibandingkan jumlah berat besi beton bertulang biasa. Dimensi balok prestress direncanakan berukuran 500 x 800 mm dengan sistem Full Prestress. Dari hasil perhitungan didapat jumlah strand pada lantai 1 sebanyak 16 strand berdiameter 15 mm dan lantai 2 sebanyak 22 strand berdiameter 13 mm. Dengan diterapkannya SRPMK maka hubungan balok kolom perlu diperhitungkan. Sesuai SNI 03-2847-2002 pasal 23.4.2 dengan prinsip kolom kuat balok lemah (Strong Columns Weak Beams), jumlah momen yang terjadi pada kolom harus lebih besar enam per lima jumlah momen yang terjadi pada balok yaitu 1779,83 KNm > 850,13 KNm. Penulangan geser pada HBK harus diperhitungkan yang memenuhi persyaratan $V_c > V_{x-x}$ (SNI 03-2847-2002 pasal 23.5.3) yaitu 4300,72 KN > 1372,02 KN, maka hubungan balok kolom eksterior cukup kuat maka penulangan geser didaerah HBK tidak perlu dihitung, asalkan tulangan begel sepanjang sendi plastis diteruskan pada HBK.

Kata kunci : Balok Prestress, SRPMK, HBK.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beton bertulang adalah beton yang menggunakan tulangan dengan jumlah dan luas tulangan tidak kurang dari nilai minimum yang disyaratkan, atau tanpa pratekan dan direncanakan berdasarkan asumsi bahwa kedua material bekerja bersama-sama dalam menahan gaya yang bekerja. Sedangkan Beton Prategang (Beton Prestress) mengkombinasikan beton berkekuatan tinggi dan baja mutu tinggi dengan cara aktif. Kombinasi aktif ini menghasilkan perilaku yang lebih baik dari kedua bahan tersebut¹⁴.

Pemilihan Gedung TECHNO PARK UPN "Veteran" Jawa Timur untuk dijadikan studi kasus dalam perancangan ini adalah gedung yang akan dimodifikasi dari 3 lantai menjadi 6 lantai, yang memiliki bentang panjang 50 m dan bentang pendek 20 m. Pada lantai 1 dan 2 akan direncanakan menggunakan beton prestress dan lantai 4-6 menggunakan beton bertulang biasa. Lantai 1 digunakan sebagai ruangan pameran dan lantai 2 digunakan sebagai ruangan seminar yang tidak membutuhkan kolom ditengah ruangan dan terlihat lebih nyaman dan luas. Penggunaan beton bertulang biasa dan beton prestress memiliki perbedaan yang signifikan. Beton bertulang biasa menghasilkan dimensi yang lebih besar dan membutuhkan besi dengan jumlah yang cukup banyak sedangkan jika memakai

¹⁴ G Nawy, Edward. "Beton Prategang Jilid 1 Edisi 3". Jakarta

beton prestress bisa menghasilkan dimensi yang lebih kecil dan jumlah berat baja prestress jauh lebih kecil dibandingkan jumlah berat besi beton bertulang biasa.

Teori mengenai gempa adalah teori probabilistik, tidak ada yang bisa memprediksi kejadian tersebut, tidak ada yang tahu kapan dan dimana serta seberapa kuat gempa yang akan terjadi. Maka Perancangan Gedung TECHNO PARK UPN "Veteran" Jawa Timur dimodifikasi dengan menggunakan Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus untuk zona gempa kuat. Elemen struktur beton prestress mempunyai sifat daktilitas yang lebih rendah dibandingkan dengan elemen struktur beton bertulang biasa, sehingga struktur beton prestress mempunyai penyerapan energi gempa yang kurang baik. Tapi pada peraturan ACI 318-2008 beton prestress bisa digunakan pada daerah zona gempa tinggi dengan syarat tendon menerima 25% beban gempa yang menyebabkan momen negatif saja. Sedangkan 100% momen positif akibat beban gempa dan 75% momen negatif akibat gempa ditahan oleh tulangan lunak¹. Dengan diterapkannya SRPMK maka hubungan balok kolom juga diperhitungkan maka dari itu diterapkan prinsip kolom kuat balok lemah (Strong Columns Weak Beams).

1.2 Perumusan Masalah

Dari latar belakang yang disebutkan diatas, maka dapat dirumuskan beberapa permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana cara merencanakan balok prestress?
2. Bagaimana mendesain struktur hubungan balok-kolom pada balok prestress dengan metode SRPMK pada zona gempa kuat?

¹ ACI Committee 318. "Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-08) and Commentary".

3. Bagaimana merencanakan gedung tahan gempa pada zona gempa kuat?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan dari perencanaan beton prestress adalah :

1. Dapat mendesain balok prestress.
2. Dapat merencanakan hubungan balok-kolom pada balok prestress dengan menggunakan metode SRPMK pada zona gempa kuat.
3. Dapat merencanakan gedung tahan gempa pada zona kuat.

1.4 Batasan Masalah

Didalam perencanaan tugas akhir ini terdapat beberapa teknis pelaksanaan, dan mengingat luasnya masalah yang berkaitan dengan pengerjaan dalam suatu perencanaan gedung. Maka batasan masalah pembahasan ini meliputi :

1. Dalam perencanaan ini hanya merencanakan struktur atas diantaranya balok prestress dan hubungan balok kolom prestress.
2. Tidak meninjau struktur kolom ditengah bentang pada lantai 2 karena kolom dianggap sebagai beban.
3. Tidak merencanakan struktur lift.
4. Tidak merencanakan struktur bawah.
5. Peraturan yang digunakan sebagai acuan adalah SNI 03-2847-2002, SNI 03-1726-2002, SNI 03-1727-2002, ACI Prestress dan PPIUG 1983.

1.5 Lokasi Studi

Perencanaan Gedung TECHNO PARK UPN “Veteran” Jawa Timur ini terletak di Jl. Raya Rungkut Madya Gunung Anyar, Surabaya.



Gambar 1.1 Denah Lokasi Proyek Gedung TECHNO PARK UPN “Veteran” Jawa Timur”